

Mesure de la sensibilité de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) et d'*Heliothis armigera* (Hübner) vis-à-vis du fenvalérate, de cinq organo-phosphorés et de leur association à différents ratios

T. Martin et P. Jacquemard

IRCT-CIRAD, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France.

Résumé

Nous avons mesuré, dans un premier temps, la sensibilité de deux ravageurs du cotonnier, *Spodoptera littoralis* et *Heliothis armigera*, vis-à-vis de six matières actives : fenvalérate (pyréthrinocide), acephate, chlorpyrifos, isoxathion, monocrotophos et profénophos. Les calculs des droites de régression dose/mortalité suivent la méthode Probit Log de FINNEY (1971). Dans un second

temps, les mélanges fenvalérate + organo-phosphoré ont été testés aux ratios 1:9 et 4:6 sur ces mêmes ravageurs, en application topique. Ces travaux ont été réalisés dans le laboratoire entomopathogènes et DL50 de l'IRCT-CIRAD (Montpellier), dans le cadre d'une collaboration avec la société Sumitomo.

MOTS CLES : *Spodoptera littoralis*, *Heliothis armigera*, synergie, association binaire, fenvalérate, organo-phosphorés.

Introduction

Les travaux qui ont été effectués sur les mélanges binaires perméthrine + organo-phosphoré par ALL *et al.* (1977) sur des larves d'*Heliothis zea* (Boddie) et *Heliothis virescens* (F.) et par KOZIOL et WITKOWSKI, sur des larves d'*Ostrinia nubilalis* (Hübner) mettent en évidence une activité synergique des mélanges testés contre ces insectes.

KOZIOL et WITKOWSKI (1982) montrent, qu'en se basant sur les valeurs de DL50 en application topique, les mélanges à différents ratios 9:1, 8:2, 7:3 et 6:4 de méthyl-parathion + perméthrine sont 14 à 89 fois plus toxiques que le méthyl-parathion et 5 à 34 fois plus toxiques sur les

larves que la perméthrine. Les mélanges aux mêmes ratios de chlorpyrifos + perméthrine sont 25 à 29 fois plus toxiques que le chlorpyrifos et 5 fois plus toxiques que la perméthrine.

ALL *et al.* (1977) parlent de synergie pour le mélange méthyl-parathion + perméthrine (10:1) sur *H. virescens* et de potentialisation à propos du même mélange sur *H. zea*.

Mais aucun synergisme n'a été constaté avec les mélanges malathion + perméthrine sur *O. nubilalis* ou méthyl parathion + fenvalérate (9:1) sur *H. zea*.

Méthodologie

Cette étude porte sur six matières actives appartenant à deux familles d'insecticides.

| | | |
|---------------------|--------------------|----------|
| Pyréthrinoïde : | fenvalérate | (95,6 %) |
| Organo-phosphorés : | acephate | (70,0 %) |
| | chlorpyrifos éthyl | (95,3 %) |
| | isoxathion | (93,0 %) |
| | monocrotophos | (79,0 %) |
| | profénophos | (90,0 %) |

La pureté des produits techniques figure entre parenthèses.

Les applications topiques (sur le thorax de l'insecte) sont effectuées à l'aide d'un micro-applicateur ARNOLD.

Les tests ont été réalisés sur les larves de *S. littoralis* et d'*H. armigera*, lépidoptères appartenant à la famille des Noctuidae.

Les chenilles sont élevées sur un milieu artificiel pendant tout leur cycle de développement (COUILLOU et GIRET, 1978 et 1980). L'élevage s'effectue dans une cellule climatisée dont les conditions sont les suivantes : température 25°C, humidité relative 70 %, photopériode-séotopériode 12h - 12h.

Pour établir une relation dose/mortalité qui nous permette de calculer la DL50 d'une façon précise, 5 à 8 doses de manière active en progression géométrique ont été appliquées sur des lots expérimentaux de chenilles venant de muer.

Préparation des mélanges

Nous avons utilisé, pour les mélanges fenvalérate + organo-phosphorés (O P), les ratios 1:9 et 4:6.

Pour le mélange fenvalérate + O P (1:9), la première solution nous permet d'appliquer :

10 % de la DL 50 du fenvalérate soit X µg/g d'insecte
+ 90 % de la DL 50 de l'O P soit Y µg/g d'insecte ;

soit une dose totale de (0,1 X + 0,9 Y) µg de matière active appliquée sur le premier lot de larves (X et Y sont pesés et dilués séparément puis mélangés).

Sur les lots suivants nous avons effectué des dilutions de ce mélange pour obtenir un gradient de concentrations. Nous avons utilisé en général cinq doses en progression géométrique de raison 1,2.

Constitution des lots

Le poids des chenilles dans chaque lot varie entre 70 et 170 mg. Afin d'avoir une distribution homogène, on constitue plusieurs classes de poids pour chaque dose. Lors du choix des lots, on ne prélève que des larves venant de muer. Chaque lot est constitué de 30 chenilles. Les larves sont réparties dans des boîtes à loges individuelles, puis remises dans la cellule d'élevage après traitement.

Les gouttes de solution acétonique sont déposées sur la partie dorsale du thorax de chaque chenille, à raison de 1 µl pour 100 mg de poids vif.

Les comptages de la mortalité se font 48 h et 72 h après chaque traitement. Sont comptés morts les insectes ne réagissant plus au toucher. Ils sont généralement recroquevillés et renversés sur le côté.

Les essais ont été effectués plusieurs fois à 25°C. Il est important d'opérer à température constante, car la sensibilité des larves vis-à-vis des pyréthrinoides augmente quand la température diminue (BROWN, 1987).

Résultats

Les résultats sont récapitulés dans le tableau ci-après.

TABLEAU I

Récapitulation des résultats obtenus par application topique de matières actives insecticides sur *Heliothis armigera* et *Spodoptera littoralis*.

Recapitulation of the results of topical applications of insecticides active ingredients to *Heliothis armigera* and *Spodoptera littoralis*.

| Matières actives | Ratio | <i>Spodoptera littoralis</i> | | | | <i>Heliothis armigera</i> | | | |
|-----------------------------|-------|------------------------------|---------------------|---------------------|-------|---------------------------|---------------------|---------------------|-------|
| | | DL50 ⁽¹⁾ | CC50 ⁽²⁾ | DL90 ⁽¹⁾ | pente | DL50 ⁽¹⁾ | CC50 ⁽²⁾ | DL90 ⁽¹⁾ | pente |
| Fenvalérate | | 3,92 | | 9,06 | 3,52 | 0,13 | | 0,34 | 3,2 |
| Acéphate | | 47,30 | | 104,29 | 3,73 | 120,62 | | 159,98 | 10,44 |
| Fenvalérate + Acéphate | 1:9 | 37,85 | 1,1 | 71,19 | 4,63 | 78,41 | 1,4 | 125,38 | 6,28 |
| | 4:6 | 46,86 | 0,6 | 104,16 | 3,69 | 67,12 | 1,0 | 121,10 | 5,00 |
| Chlorpyrifos | | 7,46 | | 11,22 | 7,24 | 3,41 | | 4,72 | 9,11 |
| Fenvalérate + Chlorpyrifos | 1:9 | 5,72 | 1,2 | 7,85 | 9,30 | 3,14 | 1,0 | 4,87 | 6,74 |
| | 4:6 | 4,94 | 1,2 | 12,86 | 3,08 | 2,28 | 0,9 | 6,95 | 2,65 |
| Isoxathion | | 13,93 | | 23,94 | 5,45 | 15,50 | | 32,95 | 3,91 |
| Fenvalérate + Isoxathion | 1:9 | 9,29 | 1,4 | 13,99 | 7,21 | 10,66 | 1,3 | 38,82 | 2,28 |
| | 4:6 | 6,77 | 1,4 | 12,79 | 4,64 | 6,92 | 1,3 | 15,61 | 3,62 |
| Monocrotophos | | 56,10 | | 79,51 | 8,46 | 60,44 | | 129,52 | 3,87 |
| Fenvalérate + Monocrotophos | 1:9 | 10,87 | 4,7 | 25,51 | 3,46 | 56,18 | 0,9 | 106,06 | 4,64 |
| | 4:6 | 21,31 | 1,6 | 35,58 | 5,75 | 37,72 | 0,9 | 102,48 | 2,95 |
| Profénophos | | 17,99 | | 29,81 | 5,84 | 3,93 | | 6,07 | 6,78 |
| Fenvalérate + Profénophos | 1:9 | 19,05 | 0,8 | 30,62 | 6,22 | 4,27 | 0,8 | 6,38 | 6,18 |
| | 4:6 | 10,69 | 1,1 | 16,17 | 7,14 | 2,12 | 1,1 | 3,47 | 6,01 |

(1) DL50 et DL90 exprimées en µg/g d'insectes.

(2) CC50 : coefficient de coxité pour les DL50.

(1) LD 50 and LD 90 are expressed in µg/g of insects.

(2) CC50 : LD 50 coxitey coefficient

Pour l'exploitation statistique des résultats, nous avons utilisé le logiciel « DL 50 » établi par le service de biométrie de l'IRCT. L'analyse suit la méthode décrite par FINNEY (1971).

Analyse de l'efficacité des insecticides

Les droites de régression dose/mortalité des différents produits, obtenues sur *H. armigera* d'une part et *S. littoralis* d'autre part, sont regroupées sur les figures 1 et 2. Dans le

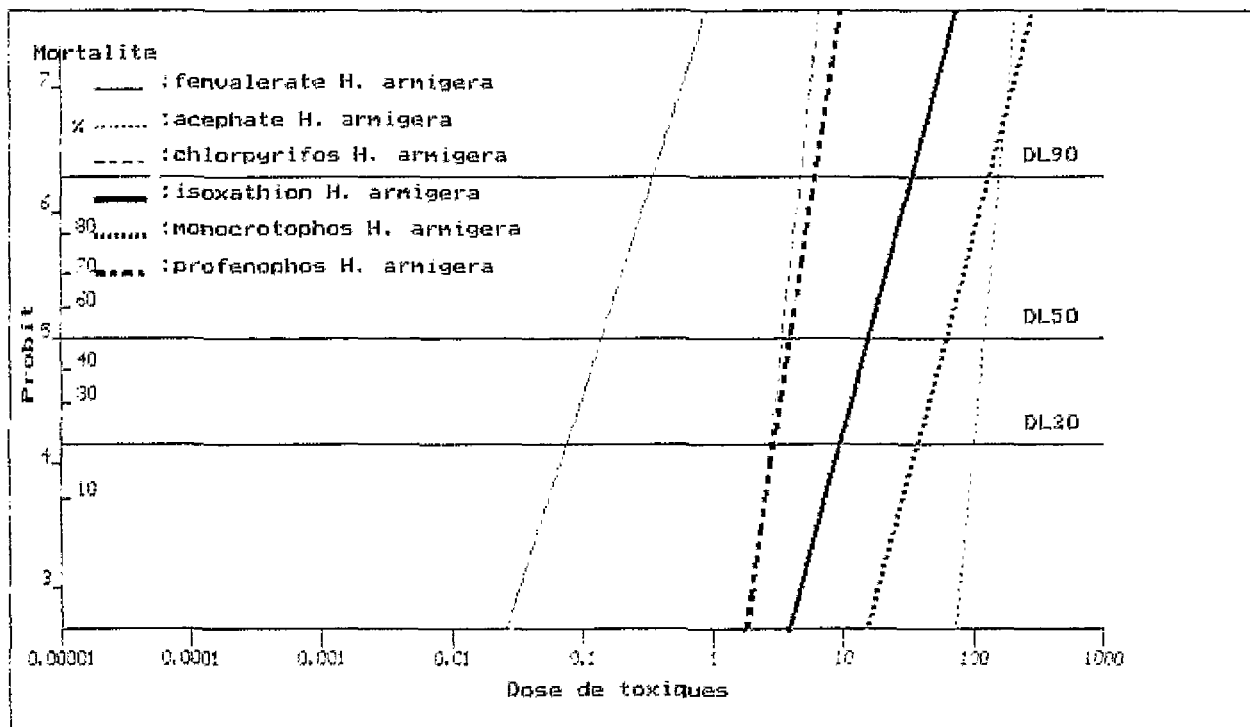


Figure 1
Sensibilité d'*H. armigera* aux différents insecticides.
The sensitivity of *H. armigera* to different insecticides

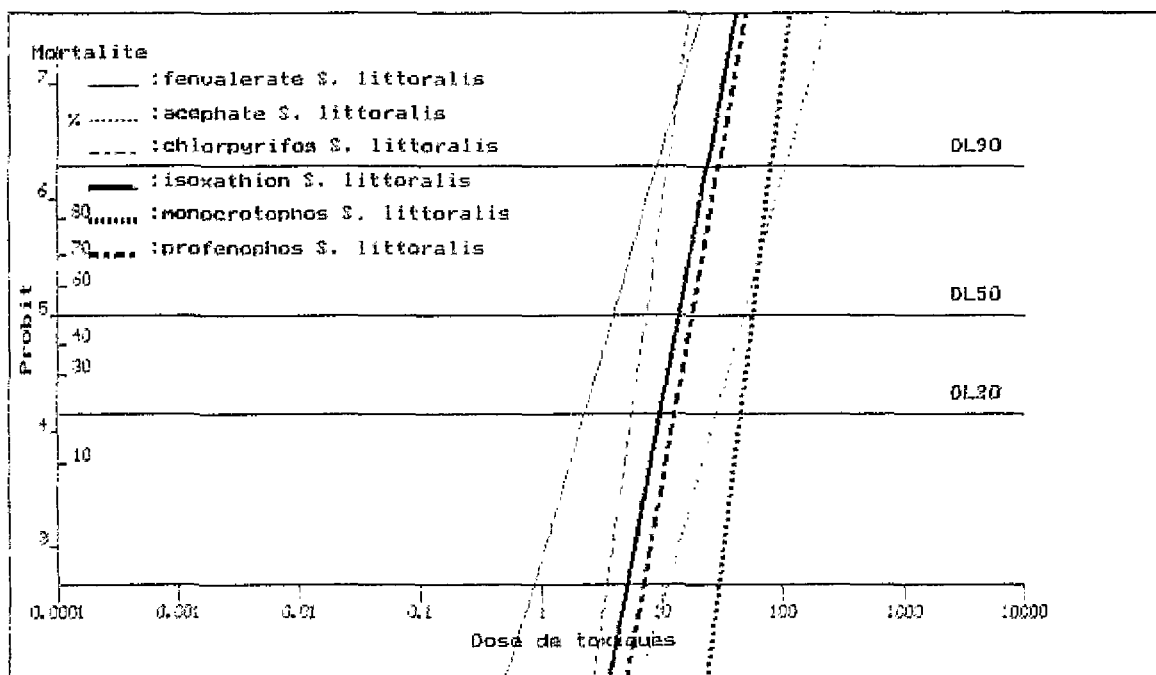


Figure 2
Sensibilité de *S. littoralis* aux différents insecticides.
The sensitivity of *L. littoralis* to different insecticides.

tableau 1, nous avons mentionné pour chaque matière active les DL50 et DL90, ainsi que la pente de la droite.

La pente permet de visualiser l'efficacité du produit. La DL50, ou dose pour laquelle on obtient 50 % de mortalité, permet de classer les matières actives par ordre d'activité décroissante :

Sur *H. armigera* : fenvalérate (0,13), chlorpyrifos (3,42), profénophos (3,93), isoxathion (15,50), monocrotophos (60,44) et acéphate (120,62) ;

Sur *S. littoralis* : fenvalérate (3,92), chlorpyrifos (7,46), isoxathion (13,93), profénophos (17,99), acéphate (47,30) et monocrotophos (56,10).

Les DL50 entre parenthèses sont exprimées en $\mu\text{g/g}$ d'insecte.

On remarque que ces deux noctuelles montrent une grande sensibilité à l'égard du fenvalérate, surtout *H. armigera*. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par RENOUE et VAISSAYRE en 1976, au Tchad.

Le chlorpyrifos, l'isoxathion et le profénophos ont une activité intéressante. Par contre, le monocrotophos et l'acéphate sont peu actifs.

Analyse des associations binaires

KOZIOL et WITKOWSKI (1982) ont testé pour les associations pyréthrinolide + OP quatre ratios par mélange (1:9, 2:8, 3:7 et 4:6). Mais d'après les travaux de GOEBEL et JACQUEMARD (1990) sur l'association cyperméthrine + OP, les deux ratios extrêmes suffisent à montrer l'évolution du mélange.

Pour comparer l'activité du mélange à celle des produits seuls, il est nécessaire de considérer les pentes des droites, ainsi que les coefficients de cotoxicité (CC) des DL50.

Calcul du coefficient de cotoxicité (CC)

Le coefficient de cotoxicité d'un mélange, défini par SUN et JOHNSON (1960), permet de quantifier la différence d'activité entre le mélange et les produits purs. Il a été calculé pour les DL50.

Si $CC = 1$, pas d'interaction

Si $CC < 1$, antagonisme

Si $CC > 1$, potentialisation ou synergie si $CC \gg 1$

Discussion

Heliothis armigera et *Spodoptera littoralis* ne présentent pas la même sensibilité à l'égard des différentes associations. Le ratio 1:9 des mélanges fenvalérate + OP donne en général de meilleurs résultats que le ratio 4:6, surtout en ce qui concerne *S. littoralis*.

Heliothis armigera

Au regard des coefficients de cotoxicité des DL50, on note trois associations qui potentialisent les mélanges :

| | |
|---|-----------------|
| - fenvalérate + acéphate (1:9) | $CC_{50} = 1,4$ |
| - fenvalérate + profénophos (4:6) | $CC_{50} = 1,4$ |
| - fenvalérate + isoxathion (1:9 et 4:6) | $CC_{50} = 1,3$ |

Ces deux dernières associations (fig. 3) offrent des perspectives intéressantes car l'isoxathion et le profénophos font partie des OP les plus actifs vis-à-vis d'*H. armigera*.

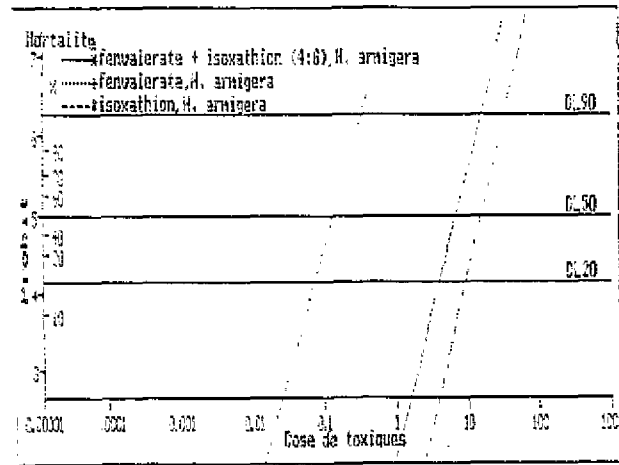
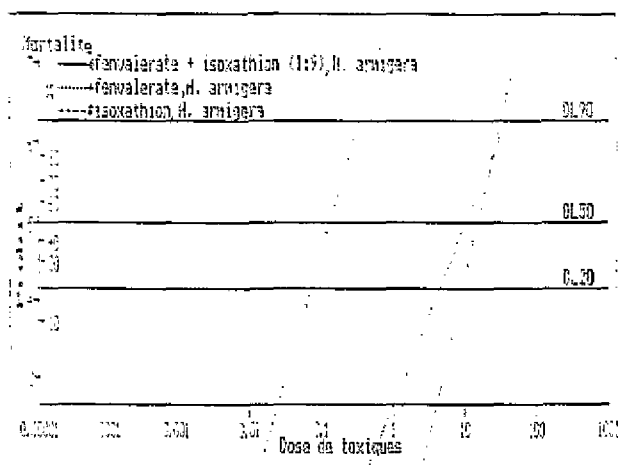


Figure 3

Toxicité de l'association fenvalérate-isoxathion (ratio 1:9 et 4:6) vis-à-vis d'*H. armigera*.

Toxicity of the combination fenvalérate + isoxathion (at 1:9 and 4:6) for *H. armigera*.

Spodoptera littoralis

Pour chaque association, on a pu mettre en évidence une potentialisation du mélange par rapport aux produits purs appliqués séparément. On peut constater (figure 4) que les pentes des droites dose/mortalité sont en général plus élevées pour les associations. Ceci suppose une sensibilité accrue de *S. littoralis* vis-à-vis de tels mélanges que confirment les coefficients de cotoxicité obtenus :

- fenvalérate + acéphate (1:9) $CC_{50} = 1.1$

- fenvalérate + profénophos (4:6) $CC_{50} = 1.1$
 - fenvalérate + chlorpyrifos (1:9) $CC_{50} = 1.2$
 - fenvalérate + isoxathion (1:9) $CC_{50} = 1.4$
 - fenvalérate + monocrotophos (1:9) $CC_{50} = 4.7$

Pour ce dernier mélange ce coefficient de 4.7 nous permet de parler de synergie entre fenvalérate et monocrotophos sur *S. littoralis*. On peut noter également le bon comportement de l'isoxathion au ratio 1:9.

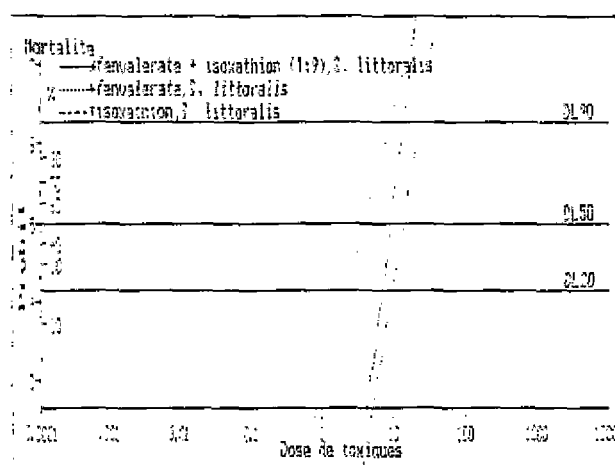
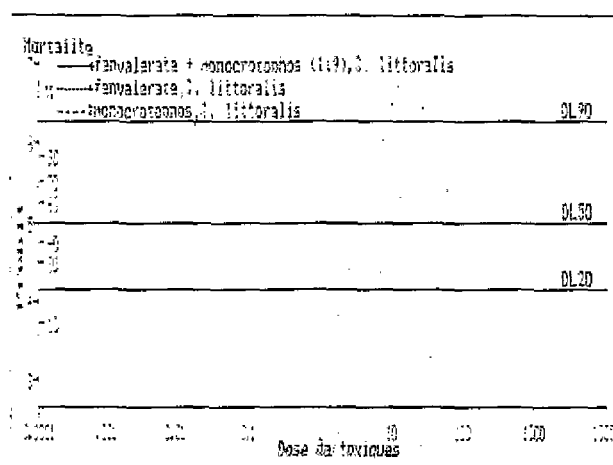


Figure 4

Toxicité de l'association fenvalérate + monocrotophos (ratio 1:9) et fenvalérate + isoxathion (ratio 1:9) vis-à-vis de *S. littoralis*.

Toxicity of the combinations fenvalerate + monocrotophos (at 1:9) and fenvalerate + isoxathion (at 1:9) for *S. littoralis*.

Conclusion

Les résultats montrent clairement une potentialisation du mélange fenvalérate + isoxathion, aussi bien sur *H. armigera* que sur *S. littoralis*.

Un seul cas de synergie a été mis en évidence. Il s'agit de l'association fenvalérate + monocrotophos au ratio 1:9 sur *S. littoralis*. Cet effet synergisant augmente le spectre d'action du mélange car seul, le monocrotophos est surtout un très bon aphicide et seul, le fenvalérate est souvent

utilisé pour le contrôle des carpophages (*H. armigera*, *Diparopsis watersi* Roth, *Earias* sp.).

Certaines associations présentent un léger effet antagoniste comme le mélange fenvalérate + acéphate (4:6) sur *S. littoralis* ($CC_{50} = 0.6$). L'effet synergique des mélanges pyréthrinoides + organo-phosphorés n'est donc pas systématique : il est fonction des matières actives et du ratio utilisés, ainsi que des insectes visés. Ces premiers résultats obtenus au laboratoire doivent être confirmés par des expérimentations au champ.

Références bibliographiques

ALL J.N., ALI M., HORNYAK E.P., WEAVER J.B., 1977.- Joint action of two pyrethroids with methyl-parathion, methomyl, and chlorpyrifos on *Heliothis armigera* and *H. virescens* in the laboratory and in cotton and seetcorn. *J. Econ. Entomol.*, 70, 6, 813-817.

BROWN M.A., 1987.- Temperature-dependent pyrethroid resistance in a pyrethroid-selected colony of *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera : Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 80, 2, 330-332.

- COUILLOU R. et GIRET M., 1973.- Améliorations possibles dans la conduite de l'élevage d'*Heliothis armigera*. L'ENUCIRAD, Montpellier. Note n°7, 19 p.
- COUILLOU R. et GIRET M., 1980.- Multiplication d'*Heliothis armigera* Hbn. (Lep. noctuidae) : améliorations possibles grâce à l'adoption d'une technique d'élevage en groupe de chenilles. *Cot. Fib. Trop.* 35, 2, 217-224.
- FINNEY D.J., 1971.- Probit analysis. 3rd edition. Cambridge Univ. Press, London.
- GOEBEL R., JACQUEMARD P., 1990.- Evaluation du niveau de sensibilité d'*Heliothis armigera* (Hbn) prédateur de la capsule du cotonnier aux associations cyperméthrine-chlorpyrifos et cyperméthrine-méthylparathion. Etude des interactions possibles entre ces insecticides. *Cot. Fib. Trop.*, 45, 2, 137-143.
- KOZIOL F.S. and WITKOWSKI J.F., 1982.- Synergism studies with binary mixtures of permethrin plus methylparathion, chlorpyrifos and malathion on european corn borer larvae. *J. Econ. Entomol.*, 75, 1, 28-30.
- RENOU A., VAISSAYRE M., 1979.- Détermination in-vitro de la toxicité de quelques matières actives insecticides vis-à-vis des chenilles de la capsule d'*Heliothis armigera* et de *Diparopsis watersi* Roßts (Lépidoptères Noctuidae). *Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical*. Marseille, 13-16 mars 1979, pp. 83-94.
- SUN Y.P. and JOHNSON E.R., 1960.- Analysis of joint action of insecticides against House Flies. *J. Econ. Entomol.* 53, 5, 887-892.

Measurement of the sensitivity of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) and *Heliothis armigera* (Hübner) to fenvalerate, five organophosphorus compounds and different ratios of combinations

T. Martin and P. Jacquemard

Summary

The sensitivity of two pests, *Spodoptera littoralis* and *Heliothis armigera*, was first measured using six active ingredients: fenvalerate (a pyrethroid), acephate, chlorpyrifos, isoxathion, monocrotophos and profenophos. Dose/death rate regression curves were calculated using Finney's probit/log method (1971).

Fenvalerate + organophosphorus compound mixtures were then applied locally to the same pests at ratios of 1:9 and 4:6. The work was carried out at the IROCI/CIRAD entomopathogen and LD50 laboratory in Montpellier within the framework of collaboration with the Sumitomo company.

KEY WORDS: *Spodoptera littoralis*, *Heliothis armigera*, synergy, binary combination, fenvalerate, organophosphorus compounds.

Introduction

The work carried out by ALL *et al.* (1977) using binary mixtures of permethrine + organophosphorus compounds on larvae of *Heliothis zea* (Boddie) and *Heliothis virescens* (F.) and by KOZIOL and WITKOWSKI on the larvae of *Ostrinia nubilalis* (Hübner) revealed the synergic effect of the mixtures tested.

KOZIOL and WITKOWSKI (1982) showed that mixtures of methyl-parathion + permethrine applied to larvae at the ratios 9:1, 8:2, 7:3 and 6:4 were 14 to 89 times as toxic as methyl-parathion and 5 to 34 times as toxic as permethrine. The same ratios of chlorpyrifos + permethrine mixtures were 25 to 29 times as toxic as chlorpyrifos and 5 times as toxic as permethrine.

ALL *et al.* (1977) referred to synergy in connection with the methyl-parathion + permethrine mixture (10:1) on *H. virescens* and in terms of potentiation for the same mixture

applied to *H. zea*. However, no synergy was observed in malathion + permethrine mixtures on *O. nubilalis* or methyl-parathion + fenvalerate (9:1) on *H. zea*.

Methodology

Six insecticides belonging to two families of insecticides were investigated.

| | |
|------------------------------|---------|
| a pyrethroid: fenvalerate | (95.6%) |
| organophosphorus compounds : | |
| acephate | (70.0%) |
| chlorpyrifos ethyl | (95.3%) |
| isoxathion | (93.0%) |
| monocrotophos | (79.0%) |
| profenophos | (90.0%) |

The purity of the substances is shown in brackets.

Topical application (on the thorax of the insect) was performed with an ARNOLD micro-applicator. Trials were carried out on the larvae of the noctuids (Lepidoptera) *S. littoralis* and *H. armigera*. The caterpillars were raised on artificial medium (COUILLOUD and GIRET, 1978, 1980) in an air-conditioned chamber under the following conditions: temperature 25°C, relative humidity 70%, photoperiod-scotoperiod 12h - 12h.

5 to 8 doses of active ingredient in a geometrical progression were applied to experimental batches of freshly-sloughed caterpillars to establish a dose/death relation to enable accurate calculation of the LD50.

Preparation of the mixtures

Fenvalerate + organophosphorus (OP) compounds were used at ratios of 1:9 to 4:6.

The 1:9 fenvalerate + OP mixtures enabled application of 10% of the LD50 fenvalerate, i.e. $X \mu\text{g/g}$ of insect + 90% of the LD50 of the OP, i.e. $Y \mu\text{g/g}$ of insect. This is a total dose of $(0.1X + 0.9Y) \mu\text{g}$ of active ingredient applied to the first batch of larvae (X and Y were weighted and diluted separately and then mixed).

This mixture was then diluted for the subsequent batches to form a concentration gradient. In general, five doses were used in a 1.2 geometrical progression.

Batches

Each batch consisted of 70 to 170 mg of caterpillars. Several weight classes were formed for each dose to obtain a homogeneous distribution. Only larvae which had just sloughed were used. Each batch consisted of 30 larvae. They were placed in boxes with individual compartments and returned to rearing chamber after treatment.

Drops of acetone solution were applied to the dorsal part of the thorax of each larva at a dosage of 1 μl per 100 mg live weight. Death counts were carried out 48 h and 72 h after each treatment. The insects which did not react when touched were counted as dead. They were generally curled up on their sides.

The trials were performed several times at 25°C. It is important to operate at a constant temperature since the sensitivity of larvae to pyrethroids increases as the temperature falls (BROWN, 1987).

Results

The results are summarised in the table 1.

The statistical processing of the results was carried out using the "DL 50" program written by the IRCT biometry department. FINNEY's method (1971) was used for the analysis.

Analysis of the effectiveness of the insecticides

The dose/deaths regression curve for the various products used on *H. armigera* and on *S. littoralis* are shown in Figures 1 and 2. Table 1 shows the LD50 and LD90 and the curve slope for each active ingredient. The slope shows the effectiveness of the substance. The LD50 (the dose at which a 50% death rate is achieved) was used to classify the products in descending order of effectiveness.

H. armigera: fenvalerate (0.13), chlorpyrifos (3.42), profenophos (3.93), isoxathion (15.50), monocrotophos (60.44) and acephate (120.62).

S. littoralis: fenvalerate (3.92), chlorpyrifos (7.46), isoxathion (13.93), profenophos (17.99), acephate (47.30) and monocrotophos (56.10).

The LD50 in brackets is expressed in $\mu\text{g/g}$ of insect.

It can be seen that both noctuids - and especially *H. armigera* - display great sensitivity to fenvalerate. These results are comparable to those of RENOUE and VAISSAYRE in 1976 in Chad.

Chlorpyrifos, isoxathion and profenophos displayed

considerable activity in contrast with monocrotophos and acephate, whose effects were small.

Analysis of binary combinations

KOZIOL and WITKOWSKI (1982) tested four ratios of pyrethroid + OP mixtures (1:9, 2:8, 3:7 and 4:6). However, according to the work of GOEBEL and JACQUEMARD (1990) on the combination of cypermethrine + OP, the two extreme ratios are sufficient to show the evolution of the mixture.

The curve slopes and LD50 cototoxicity coefficients

(CC) should be examined in order to compare the activity of the mixture to that of the products applied pure.

Calculation of the cototoxicity coefficient (CC)

The cototoxicity coefficient of a mixture, defined by SUN and JOHNSON (1960), is for the quantification of the difference in activity between the mixture and the pure substances. It was calculated for the LD50s.

If $CC = 1$, no interaction

If $CC < 1$, antagonism

If $CC > 1$, potentiation or synergy if $CC \gg 1$

Discussion

Heliothis armigera and *Spodoptera littoralis* did not display the same sensitivity to the various combinations of insecticides. The 1:9 ratio of fenvalerate + OP generally gave better results than 4:6, especially on *S. littoralis*.

Heliothis armigera

The LD50 cototoxicity coefficients show that three combinations potentiate the mixtures:

- fenvalerate + acephate (1:9) $CC_{50} = 1.4$
- fenvalerate + profenophos (4:6) $CC_{50} = 1.4$
- fenvalerate + isoxathion (1:9 and 4:6) $CC_{50} = 1.3$

The two latter combinations (Figure 3) open up interesting prospects, since isoxathion and profenophos are two of the OPs which have most effect on *H. armigera*.

Spodoptera littoralis

Potentiation of the mixture in comparison with pure products applied separately was demonstrated for each association. It can be seen (Figure 4) that the dose/deaths curves are generally steeper for the combinations. This leads to supposing increased sensitivity of *S. littoralis* to such mixtures, which is confirmed by the cototoxicity coefficients:

- fenvalerate + acephate (1:9) $CC_{50} = 1.1$
- fenvalerate + profenophos (4:6) $CC_{50} = 1.1$
- fenvalerate + chlorpyrifos (1:9) $CC_{50} = 1.2$
- fenvalerate + isoxathion (1:9) $CC_{50} = 1.4$
- fenvalerate + monocrotophos (1:9) $CC_{50} = 4.7$

The coefficient of 4.7 for the latter mixture reveals synergy between fenvalerate and monocrotophos on *S. littoralis*. The good performance of isoxathion at 1:9 can also be noted.

Conclusion

The results clearly show the potentiation of the mixture of fenvalerate + isoxathion on both *H. armigera* and *S. littoralis*.

A single case of synergy was revealed. This was for the fenvalerate + monocrotophos at 1:9 on *S. littoralis*. This synergism increases the spectrum of action of the mixture since monocrotophos alone is above all an excellent aphicide, and fenvalerate is often used for controlling

carpophagous insects (*H. armigera*, *Diparopsis watersi* Roth, *Earias* sp.).

Some combinations display a slight antagonist effect, such as the fenvalerate + acephate mixture (4:6) on *S. littoralis* ($CC_{50} = 0.6$). Pyrethroid + organophosphorus mixtures do not necessarily have a synergic effect; this depends on the active ingredients, the ratio used and the insects targeted. These preliminary laboratory results should be confirmed by field experiments.

Medida de la sensibilidad de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) y de *Heliothis armigera* (Hübner) al fenvalerate, a cinco organofosforos y su asociación en proporciones diferentes

T. Martin y P. Jacquemard

Resumen

En un primer tiempo hemos medido la sensibilidad de dos devastadores del algodónero, *Spodoptera littoralis* y *Heliothis armigera*, a seis materias activas: fenvalerate (piretrinóide), acefato, clorpirifos, isoxation, monocrotofos y profenofos. Para calcular las rectas de regresión dosis/mortalidad hemos aplicado el método Probit/Log de Finney (1971). En un segundo tiempo, hemos

sometido a prueba las mezclas fenvalerate + organofosforado (ratos 1:3 y 4:6), en aplicación topica, sobre estos devastadores. Estos trabajos fueron llevados a cabo en el laboratorio de entomopatologenos y DL50 del IRET-CIRAD de Montpellier, dentro del marco de la colaboración de la sociedad Sumimoto.

PALABRAS CLAVE : *Spodoptera littoralis*, *Heliothis armigera*, s-nergia, asociación binaria, fenvalerate, organofosforados.